

携帯端末向け案内地図生成システムの開発

藤井 憲作[†] 杉山 和弘[†]

本論文では、携帯端末向けの案内地図を詳細な地図情報から動的に生成する手法を提案し、その有効性を検証した。この案内地図は一般に利用されている案内地図の表現の特徴に基づいてルートマップ型、サーベイマップ型、デフォルメマップ型の3種類の表現で構成される。こうした案内地図は従来の道路ネットワークデータによる手法に加えて、空間オブジェクトネットワークデータを用いて道路や目標物となる空間オブジェクトを再配置する手法により生成することができる。この手法を実装したシステムを開発し、携帯端末でも良好に表示可能な3種類の案内地図表現が生成できることを確認した。また、システムの適応分野としてナビゲーションの支援を取り上げ、携帯端末に表示された案内地図を利用して人が実際に目的地まで移動するという実験を行った。その結果、良好にナビゲーション支援を行うことができ、本手法の有効性を確認できた。

Route Guide Map Generation System for Mobile Communication

KENSAKU FUJII[†] and KAZUHIRO SUGIYAMA[†]

We are working towards new services focused on supporting navigation in mobile environment. In this paper, we describe a system to generate route guide maps for mobile terminals. To browse geographical information easily under restrictions of mobile environment, it is essential that geographical information have simple and intuitive representations. Our maps are based on three effective representations from the viewpoint of spatial recognition—route map type, survey map type and deformed map type. Proposed method is realized by selecting truly required information from detailed maps and re-arranging them for easy understanding using a new conceptual structural model for all figures of maps. Using proposed method, our system can dynamically generate three types of route guide map, which are available for very small display of a cellular phone. In experiments we verified the effectiveness of proposed method for navigation support in mobile environment. Using our system, we can easy browse route guide maps even with mobile terminals.

1. はじめに

モバイル通信環境の進展にともない、携帯端末でいろいろな情報を手軽に享受できる環境が整いつつある¹⁾。こうした情報の中で、モバイル環境では地図情報は有用なコンテンツの1つであり、その提供サービスの要求が高まっている。また、近年、ITS(高度道路交通システム)の一環として歩行者を対象としたナビゲーション支援システムが検討されている。このシステムは歩行者が目的地まで移動する行為を支援するシステムであり、車を対象としているカーナビゲーションシステムに対して人の移動を対象とするシステムである。

このように地図情報を携帯端末で利用したいという

要求は高まっている。これまで手軽に携帯できる通信環境を備えた端末といえば携帯電話やページであった。こうした端末で地図情報を利用するため、筆者らは詳細な地図情報をテキスト表現あるいは音声表現に変換する手法を提案し、その有効性を示している²⁾。こうした中、最近の端末技術の発展にともない、携帯端末の小型化、通信機能の一体化、携帯電話やページの表示機能の高機能化などが実現されている。これにより、手軽に携帯できる通信環境を備えた端末でも絵として表現される情報を享受できる環境が整ってきた。そこで、ここでは携帯端末向けの視覚的に分かりやすい絵として表現される地図情報を生成することを検討する。

人の移動を考えた場合、建物が1軒1軒記載されているような詳細な地図情報が必要となる。しかし、携帯端末には表示性能の制約があるため、詳細な地図情報をそのまま表示すると一覽性に乏しくなる。このよ

[†] NTTサイバースペース研究所
NTT Cyber Space Laboratories

うに、WWW やカーナビゲーションシステムで従来から提供されているような地図情報では携帯端末で快適に利用することは難しい。今後のモバイル通信環境の発展により、より高速な通信速度を享受できるようになっても人が携帯できる端末のサイズは大きく変わることはないと考えられる。そのため、限られた狭い領域に必要な情報だけを分かりやすくレイアウトした地図情報を生成する手法が求められている。

このような背景から、本論文では携帯端末で快適に利用できる案内地図を詳細な地図情報から動的に生成する手法について検討する。地図情報には一般にセマンティック情報とジオメトリック情報が含まれる。前者は道路や建物といった地図を構成する要素を意味する。一方、後者はその要素の配置位置や形状を意味する。限られた大きさの案内地図を生成するためにこの2種類の情報を効果的に利用することを考える。セマンティック情報は詳細な地図情報から案内地図として必要な情報のみを選択するために利用する。また、ジオメトリック情報はその情報を把握しやすい表現にするために利用する。

これまで、このような手法についていくつか検討されている。前者については、あらかじめ登録されている目標物を選択する^{3),4)}などの提案があるが、動的な選択手法は提案されていない。また、後者については、梶田らにより提案されている地図情報のデフォルメ化表現による手法がある⁵⁾。これは道路ネットワークデータを利用して道路形状を変形させる手法である。この道路ネットワークデータは地図上の道路図形を構造化したデータであり、交差点をノード、道路をリンクとするグラフ構造を持つ。この手法では構造化の対象が道路図形に限定されているため、詳細な地図情報を対象とした場合、道路図形の変形にともなう目標物の再配置において再配置の前後の目標物と道路の位置関係、目標物間の位置関係を保持することが難しい。このような目標物は案内地図として非常に重要な構成要素の1つであり、道路図形だけでなく目標物となる他の地図図形の再配置をも実現する必要がある。そのため、構造化の対象に道路図形だけでなく他の地図図形をも含む必要がある。これまで筆者らは建物や公園といった地図上の図形である空間オブジェクトを対象とした構造化モデルを提案している⁶⁾。ここでは、この構造化モデルに対してグラフ構造を考えた空間オブジェクトネットワークデータを用いて目標物となる空間オブジェクトを再配置する手法について提案する。

本論文では、以下、2章において一般に利用されている案内地図の表現の特徴について分析した結果につ

いて述べる。3章においてそのような表現の案内地図を生成する手法を提案し、4章においてその手法を実装したシステムとその動作結果について述べる。5章においてシステムの適応分野としてナビゲーションの支援を取り上げ、実環境で携帯端末を利用した歩行者のナビゲーション支援実験を行った結果について述べる。最後に、6章においてまとめと今後の課題について述べる。

2. 案内地図表現の特徴

我々は駅やタウン情報誌といったいろいろな場面で特に意識することなく案内地図を利用している。このようなふだん何気なく利用している案内地図はどのように表現されているのであろうか。Hutchins は目的地への移動はさまざまな問いに連続的に答えるプロセスであり、その中心には「自分はどこにいるのか?」という問いがあるとしている⁷⁾。つまり、移動プロセスの達成には自分がいる位置と進む位置を認知することが重要になってくる。この認知に利用される認知資源は大きく2種類ある。1つは、人が空間移動する際の認知的な表象である認知地図⁸⁾や方向感覚などの個々人が有している内的な資源である。もう1つは、案内地図や看板、通行人に道を尋ねるといった他者への依存などの環境にある認知の手がかりとなる外的な資源である。こうした内在している認知資源に対して、環境において獲得された外的資源を融合して、人は空間を認知し移動プロセスを達成していくと考えられる。実際、人は提供相手の内的な認知資源に応じた形態の外的資源を提供している。たとえば、道順を教える際には相手の知っていそうな目標物を尋ね互いに認知できる目標物を探したり、その場所で分かりやすい目標物を案内に盛り込んだりしている。また、雑誌や看板に記載されている案内地図は、位置関係が取得しやすいように道路の形状を変形させた表現であったり、その場所で分かりやすい目標物を選択した表現であったりしている。

このように、人が提供している案内地図表現は、環境における空間情報に対して提供相手の内的な認知資源を考慮して生成されていると考えられる。そこで、まず人が提供している案内地図表現を収集して、その特徴を分析する。地図情報は一般にセマンティック情報とジオメトリック情報から構成される。前者は道路や建物などの地図の構成要素の意味的な情報を意味する。また、後者はその構成要素の配置位置や位置関係を意味する。ここではセマンティック情報から目標物など表現に含まれる要素について分析し、ジオメト



図1 分析した案内地図の例。(1)看板,(2)雑誌,(3)手書き

Fig.1 Samples of analyzed route guide map.

(1) signboard, (2) magazine, (3) hand-written.

リック情報から道路形状や目標物の配置位置の表現について分析する。

2.1 対象とした案内地図

案内地図には、目的地までの移動を支援するため、広告のようにきれいに見せるためなどいくつかの用途や使用方法がある。これにより表現も変わることが予想されることから、対象とした案内地図は一般に利用されている以下の3種類とした。

- (1) 駅などの看板に記載されている案内地図
- (2) 雑誌や出版物に記載されている案内地図
- (3) 被験者に手で書いてもらった案内地図

これら3種類の案内地図を(1),(2)については無作為に各100種類を収集した。また,(3)については一般の100人の被験者に案内地図を書いてもらった。これらの案内地図の例を図1に示す。これらは利用者にとって見やすく分かりやすい案内地図となるように、地図情報の取捨選択,加工編集がなされている。このような案内地図がどのような要素で構成されているか,その要素がどのように配置されているか,に関して分析する。収集した案内地図から構成要素を抽出し,それがどの要素に該当するかを判断して分類し,さらにその要素の各表現を分類して出現頻度を算出した。

2.2 セマンティック情報の表現

収集した案内地図のセマンティック情報がどのように表現されているかについて調べた。ここでは,案内地図の構成要素をLynchにより報告されているパス,ノード,ランドマーク,エッジ,ディストリクトの5種類の認知地図構成要素に基づいて分類した⁹⁾。収集した案内地図にはそれぞれ看板の案内地図には702,雑誌の案内地図には676,手書きの案内地図には941の要素が含まれていた。その要素を分類し,出現頻度を算出した結果を表1に示す。表1に示すように,ランドマークとして分類されているものが構成要素として選択される傾向にあることが分かった。一方で,道路に関するパス,ノードとして分類されているものはあまり選択されていない。これらの表現には,たとえば,通り名,交差点名などがある。これは堀の報告と一致した傾向であり,日本ではパス,ノードを表象として認知するためのラベルや名称が乏しいことに起因

表1 認知地図構成要素による分類

Table 1 Classification by component type of cognitive map.

構成要素	看板	雑誌	手書き
バス	0.088	0.080	0.086
ノード	0.001	0.008	0.007
ランドマーク	0.740	0.681	0.750
エッジ	0.093	0.097	0.056
ディストリクト	0.085	0.127	0.101

表2 属性種別による分類

Table 2 Classification by attribute type.

属性種別	看板	雑誌	手書き
駅	0.078	0.117	0.057
デパート	0.003	0.003	0.016
商店	0.142	0.130	0.166
レストラン	0.051	0.081	0.130
公共施設	0.078	0.118	0.089
ビル	0.148	0.111	0.031
寺社仏閣	0.001	0.003	0.016
教育施設	0.016	0.022	0.058
ホテル	0.019	0.028	0.018
交通施設	0.019	0.020	0.018
娯楽施設	0.066	0.052	0.053
銀行	0.145	0.124	0.060
コンビニ	0.016	0.049	0.097
医療施設	0.024	0.018	0.015

していると考えられる¹⁰⁾。さらにランドマークとして分類されているものを認知のしやすさという指標として重要な属性種別で分類し,出現頻度を算出した。その結果,表2に示すように環境から見つけやすい属性を持つものがランドマークとして選択される傾向があるということが分かった。

以上から,案内地図の目標物となる構成要素を選択するために,分析結果から得られた認知地図構成要素による分類,属性種別による分類に対する出現頻度を構成要素の認知のしやすさという指標として利用することを考える。

2.3 ジオメトリック情報の表現

次に,案内地図のジオメトリック情報がどのように表現されているかについて調べた。その結果,道路の表現について大きく2つに分類できることが分かった。その2つの表現の例を図2に示す。図2(1)は経路となる道路を主体として記述した表現(タイプ1)であり,図2(2)は経路に加えて経路周辺の道路も記述した表現(タイプ2)である。これらの分類を認知地図の分類にあてはめると,ルートマップ型,サーベイマップ型に相当すると考えられる¹¹⁾。ルートマップ型はルートを系列的に記述した全体表象である。サーベイマップ型は空間の各要素を相互関連させた表象である。これらの型は獲得,学習される空間的知識の形

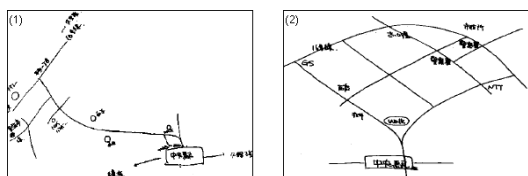


図2 案内地図表現の例。(1)タイプ1, (2)タイプ2

Fig. 2 Samples of route guide map. (1) type I, (2) type II.

表3 認知地図の表現形態による分類

Table 3 Classification by representation type of cognitive map.

表現形態	看板	雑誌	手書き
タイプ1	0.71	0.56	0.86
タイプ2	0.29	0.44	0.14

態を反映している。ルートマップ型の認知地図はナビゲーション行為によりルートとして獲得された空間的知識により形成される。こうして獲得した複数のルートの知識が頭の中で空間的に結び付くことによってサーベイマップ型の認知地図は形成されるといわれている。収集した案内地図を2種類の表現で分類し、出現頻度を算出した結果を表3に示す。タイプ2に比べてタイプ1の方が利用される傾向にあった。この傾向は看板や手書きの案内地図で強くみられた。これらは出発地をある程度特定して提供できるため、ルートに関係した移動に必要な情報のみを提供するというルートマップ型の表現となる傾向があると考えられる。一方、雑誌の案内地図は不特定多数の人を対象とするため出発地の特定などは難しく、その周辺の情報を提供しようとなるべく多くの情報を盛り込んだサーベイマップ型の表現になる傾向があると考えられる。

また、案内地図に表現された道路形状を実際の地図情報と比較した。その結果、形状がしばしばデフォルメされていることが分かった。たとえば、図1に示すような案内地図がこれに相当する。このデフォルメ化は交差点の交差角度を45度、90度といった特定角度で量子化することにより実現されている。これは、梶田の報告にもあるように認知心理学で知られている交差点の直交化現象を利用したものであると考えられる⁵⁾。この交差点の直交化現象は交差点の交差角度が直角でなくても人間にはそれを直角と見なす傾向があるという現象である。この道路形状のデフォルメ化にあわせて目標物も再配置されている。目標物の配置位置は実際の座標値とは関係なく、道路や目標物との相対的な位置関係を保持する位置に再配置されている。このようなデフォルメマップ型表現は実環境の状況とは大きく異なるため移動の支援に有効であるといえ

ない。しかし、見た目にはきれいで一目見て大まかな状況を把握できる表現である。そのためデザインセンスが要求される広告用の案内地図などには有効な表現である。

以上の結果をふまえて、ジオメトリック情報の表現には認知地図の分類によるルートマップ型、サーベイマップ型の表現およびそれらで表現された道路や目標物が再配置されたデフォルメマップ型表現の利用を考える。また、利用のされ方によって提供する表現を使い分けられていることが分かり、たとえば、現在地から目的地までの移動を支援するという観点ではルートマップ型が利用される傾向にあることが分かった。

3. 案内地図の生成手法

2章の結果をふまえて、案内地図を構成する目標物の選択手法および道路や目標物の再配置手法について述べる。

3.1 地図構造化モデル

案内地図は携帯端末からの要求に応じて詳細な地図情報から動的に生成する。最近では、国土空間データ基盤など建物形状が1軒1軒記述されている1/2500縮尺相当の詳細な地図情報を簡単に利用することができる。前述した梶田の提案手法⁵⁾も地図情報を利用したものであるが、地図情報の構造化の対象が道路図形に限られている。そのため詳細な地図情報を対象とした場合、道路図形の再配置にあわせて局所的な座標変換を繰り返すとその他の図形との位置関係を保持することが難しくなる。このため道路図形だけでなく地図上の図形である空間オブジェクトを構造化の対象としたデータを用いる必要がある。空間オブジェクトを対象とした構造化モデルは文献12)などいくつか提案されている。ところが、これらのモデルは複雑に存在する空間オブジェクトを完全に構造化しているため、デフォルメに必要な位置関係の保持に利用することは難しい。

筆者らは空間オブジェクトを個々の空間オブジェクトに対して設定される座標系で捉え、1次近接位置にある空間オブジェクトに着目した構造化モデルを提案し、そのモデルを自動生成するシステムを開発している⁶⁾。この第1次近接空間オブジェクト間関連記述モデル(以下、FNTモデル)は、対象となる空間オブジェクトに対して1次近接位置に存在する空間オブジェクトとの位置関係を記述するモデルである。図3にこのモデルを模式的に示す。個々の空間オブジェクトに対して交差点をノード、道路をリンクとするグラフ構造を持つ道路ネットワークデータを利用して1次

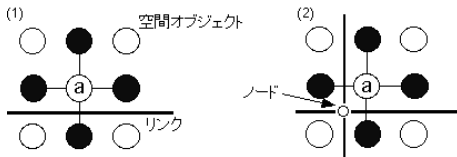


図3 FNTモデルの模式図
Fig. 3 Schematic diagram of FNT model.



図4 FNTモデルの生成例
Fig. 4 Samples of FNT model.

近接位置を定義する．ここでいう1次近接位置とは図3(1),(2)のaで示されている位置に対して黒丸で示す位置をいう．図4に1/2500縮尺の住宅地図に対しFNTモデルを自動生成した結果を示す．空間オブジェクトと位置関係が記述された1次近接位置に存在する空間オブジェクトを線分で結んで示している．このモデルに対して空間オブジェクトをノード，その位置関係をリンクとするグラフ構造を考えた空間オブジェクトネットワークデータを利用して，目標物となる空間オブジェクトを再配置する．

3.2 目標物の選択手法

目標物は詳細な地図情報を構成する空間オブジェクトを対象として選択する．選択の指標として空間オブジェクトを対象とした認知度を定義し利用する¹³⁾．空間オブジェクト O_j に関する認知度 $S(O_j)$ には，移動の際，環境から視覚的に捉えることのできる形状，種別の特徴を用いる．

(1) 形状特徴

認知しやすい空間オブジェクトとして，面積の大きなもの形状の複雑なもの考える．空間オブジェクトの形状は四角形が一般的であるため，ここでは形状の複雑なものとして目立ちやすい円や複合図形を考える．空間オブジェクト O_j の形状について，面積 S ，周囲長 L に対して形状の複雑さで表現した形状特徴に関する認知度 $S_{shape}(O_j)$ は，

$$S_h(O_j) = \frac{S}{L}$$

$$S_{shape}(O_j) = \frac{S_h(O_j)}{\sum_{i \in A} S_h(O_i)}$$

ただし， A は指定された領域に含まれる認知度の比較

対象となる空間オブジェクトの集合

(2) 種別特徴

認知しやすい空間オブジェクトとして，案内地図の構成要素の種別に対して出現頻度の多いもの考える．空間オブジェクト O_j の種別について，2章で分析した目標物を表現する要素の総数 att ， O_j の種別の出現頻度 $att(O_j)$ に対して種別特徴に関する認知度 $S_{att}(O_j)$ は，

$$S_{att}(O_j) = \frac{att(O_j)}{att}$$

この個々の特徴に対する認知度を統合することにより認知度を算出する．この特徴は独立性の高いものであるので，単純に線形結合して統合する多数決に基づく手法を利用する^{14),15)}．そこで，空間オブジェクト O_j に関する認知度 $S(O_j)$ を以下のように定義する．

$$S(O_j) = W_{shape} \times S_{shape}(O_j) + W_{att} \times S_{att}(O_j) \quad (1)$$

ただし， W_{shape} ， W_{att} は，各特徴に対する正規化された重み

この W_{shape} ， W_{att} で住宅地や繁華街といった地域の特性を反映させた重み付けを行う．この $S(O_j)$ が大きいほどその空間オブジェクトが認知しやすいものであると見なす．このとき，目標物の選択はある領域に含まれる空間オブジェクトの中でこの $S(O_j)$ が最大となる空間オブジェクト O_j を探索する問題と考えることができる．

3.3 ルートマップ型表現

ルートマップ型表現はルートを系列的に記述する表現形態である．ここでは，出発地から目的地までの経路を基準とする．また，日本では経路を表象として認知するためのラベルや名称が乏しいため，その認知を助けるために目標物を利用する．

- (1) 出発地から目的地までの経路を構成するノード($Node(0) \sim Node(n)$)を算出する．この経路は道路ネットワークデータのリンク長を時間換算したコストを用いてDijkstra法により算出する．
- (2) このノードに接続するリンクを選択し，それが含まれる領域に存在する線路や水系といった線状オブジェクトを選択する．
- (3) 空間オブジェクトネットワークを利用して， $Node(i)$ に接する空間オブジェクト群 O_j ($j = 1 \sim m$)を選択する．
- (4) この O_j の中で式(1)で算出した認知度が最大となる O_k を選択する．これをすべての $Node(i)$ で繰り返す．

- (5) 選択されたデータを指定された描画デバイスに出力する。その際、目標物の注記の重なり制御のため認知度が大きい順に出力する。また、注記の配置位置は空間オブジェクトネットワークを利用して、道路との位置関係に対して算出する。

3.4 サーベイマップ型表現

サーベイマップ型表現はルートマップ型で表現される空間知識の獲得を繰り返して、その要素を相互に関連させて記述する表現形態である。ここでは、獲得される要素をルートマップ型表現で生成された経路を進む際にその状況から獲得されるであろう周辺の目標物を想定することにより選択する。

- (1) ルートマップ型表現の生成手順を用いてデータの選択まで行う。
- (2) リンクが含まれる領域に対して式(1)で算出した認知度が最も大きく、これまでに選択されていない周辺の目標物 O_r を選択する。
- (3) この O_r と経路を構成するノードの中で一番距離の近いノードを算出し、その間の経路を構成するノード ($Node(0) \sim Node(n)$) を算出する。
- (4) 3.3節のステップ(3)と同じ。
- (5) 3.3節のステップ(4)と同じ。
- (6) 選択されたすべての目標物を認知度順にソートし、領域と指定される密度から算出される数を満たすまで選択することで目標物の再選択を行う。
- (7) 選択された目標物の中で最も小さい認知度より大きな認知度の周辺の目標物 O_r が選択できるまでこれを繰り返す。
- (8) 3.3節のステップ(5)と同じ。

3.5 デフォルメマップ型表現

デフォルメマップ型表現は交差点の交差角度の特定角度での量子化による道路形状の再配置およびこの道路形状の再配置にあわせた目標物の再配置を実現する表現形態である。ここでは、梶田により提案されている量子化の手法⁵⁾を用いてリンクの位相関係が崩れないようにリンク間角度を $\pi/4$ で量子化する。また、目標物は空間オブジェクトネットワークが持つ1次近接位置にある空間オブジェクトとの位置関係および接するノード、リンクの情報をもとに再配置位置を算出する。

- (1) ルートマップ型表現、サーベイマップ型表現の生成手順により選択されたリンク、ノード、線状オブジェクトの再配置を梶田らの手法を用いて行う。量子化角度は $\pi/4$ でこれはリンクを

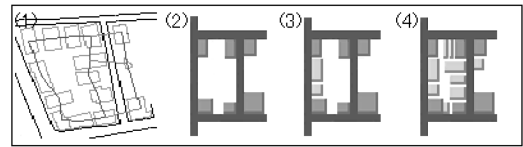


図5 再配置結果の例

Fig. 5 Experimental results of re-location.

- 水平、垂直、斜めに再配置することを意味する。
- (2) 空間オブジェクトネットワークを利用して再配置されたリンク $Link(i)$ が構成する街区に接する空間オブジェクト群 O_j ($j = 1 \sim m$) を選択する。たとえば、図4に示される一番左の街区が処理対象のとき、図5(1)のような O_j が選択される。
 - (3) O_j のうちノードに接する O_k をリンクの再配置にあわせて再配置する。図5(1)の再配置結果を図5(2)に示す。
 - (4) 再配置された O_j が接している両端のノードが構成するリンクに接している O_i を1次近接位置にある順番にリンク長にあわせた比例位置に再配置する。図5(2)の一番左側のリンクについて処理を行った結果を図5(3)に示す。
 - (5) これを街区を構成するすべての再配置されたリンクに対して繰り返す。その再配置結果を図5(4)に示す。
 - (6) これをすべての選択されたリンクに対して繰り返し行う。こうして再配置位置が算出されたオブジェクトに対して選択された目標物の再配置位置を選択する。
 - (7) 3.3節のステップ(5)と同じ。

このような処理を行った結果、図4に示す1/2500縮尺の住宅地図の一番左の街区に対して図5(4)に示すような再配置位置が算出された。このように、FNTモデルが構築できている空間オブジェクトは位置関係を保持した再配置が可能であった。しかし、FNTモデルは位置関係を扱っているモデルであるため再配置における大きさは単純な比で計算する。このため、リンクを共通とする空間オブジェクトどうしの場合など再配置前後で空間オブジェクトの大きさの比も変わる。デフォルメ化は地図の局所的な変形であるため大きさや形状の保持は困難であるが、実際の利用ではアイコンなどで表現されることを考えると、この位置関係に着目した手法は有効であると考えられる。

このように、1次近接位置にある空間オブジェクトとの位置関係に着目したFNTモデルは、局所的な地図の変形を行うようなデフォルメに対しても有効な

デル化の1つであると考えられる。空間オブジェクトの再配置がこれまでの座標値の計算により行われるものではなくて空間オブジェクト間の位置関係に基づいて行われるため再配置が容易になる。

4. 携帯端末向け案内地図生成システム

3章で述べた手法を携帯端末で利用するための案内地図を生成するシステムとして実装し、その動作を検証した。

4.1 システム概要

本システムはデータベース部、インタフェース部、案内地図生成処理部、経路案内文生成処理部から構成される。なお、本システムは WindowsNT マシンに C++ 言語で実装している。

データベース部では地図データ、道路ネットワークデータ、空間オブジェクトネットワークデータ、地図属性データの制御を行う。地図データは自治体発行の都市計画図(1/2500縮尺)をベクトル化したデータであり、本システムでは新宿区、渋谷区、鎌倉市の3地域を対象とした。このベクトル化された図形データに対して(株)NTT情報開発発行のタウンページデータを属性づけ地図属性データとした。道路ネットワークデータは筆者らが開発したベクトル化された地図データから自動抽出する手法を用いて作成した¹⁶⁾。また、空間オブジェクトネットワークデータは3章で述べたFNTモデルを自動生成する手法を用いて作成した。

インタフェース部ではWWW、e-mail接続の制御を行う。案内地図の要求は地図属性データを利用して行われる。WWW、e-mail経由で出発地、目的地の属性情報などの検索条件を受け付け、この条件を満たす案内地図を生成し出力する。

案内地図生成処理部では要求された案内地図の生成を行う。3章で述べた手法を用いて、ルートマップ型、サーベイマップ型、デフォルメマップ型の表現を要求に応じて生成する。

また、経路案内文生成処理部では出発地から目的地までの経路案内文の生成を行う。この経路案内文は筆者らがこれまで提案している手法を用いて生成する²⁾。

4.2 動作例および考察

本手法を実装した案内地図生成システムの動作検証を行った結果を示す。動作例として3種類の案内地図を示す。渋谷区のある目的地までの最寄駅からの案内地図を図6(1)にルートマップ型表現、図6(2)にサーベイマップ型表現で示す。この案内地図の大きさは120×140ドットであるが、この程度の大きさでも視覚的に分かりやすい地図となっている。また、デー

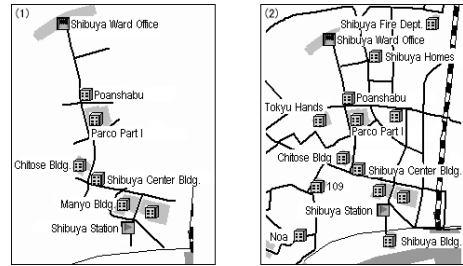


図6 案内地図の生成例。(1)ルートマップ型、(2)サーベイマップ型

Fig. 6 Samples of (1) route map type, (2) survey map type representation.

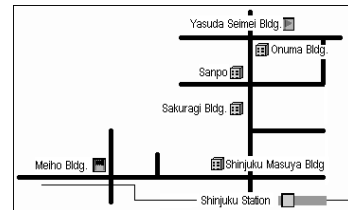


図7 案内地図の生成例：デフォルメマップ型

Fig. 7 Example of deformed map type representation.

タ量も生成に利用した1/2500縮尺の地図データと比較して1/50程度に削減することができた。

次に、図7にデフォルメマップ型表現の例を示す。道路形状や目標物の配置位置は実際の状況とは異なるが、見た目に非常にきれいな地図となっている。また、デフォルメ化により配置位置が簡単に表現できるため、データ量をルートマップ型、サーベイマップ型表現よりさらに削減できている。

また、携帯電話で利用した際の結果を図8に示す。図8の案内地図の大きさは120×85ドットである。この程度の表示領域しか持たない端末でも良好に表示することができる案内地図を生成することが可能となった。この程度の大きさになると地図中に注記を表示することが難しいので、ここでは経路案内文を付加することにより案内地図としての情報量を確保している。こうした案内地図と経路案内文といった異なる表現メディアの統合により、個々のメディアでは表現されない情報を補間することができる。

このように、本システムの動作を検証した結果、要求された案内地図が良好に生成されることが確認できた。このシステムでは3種類の案内地図表現の生成を実現しており、人が提供しているものに近い表現の案内地図を生成することが可能となった。また、データ量は生成に利用した地図情報と比較して大きく削減されており、モバイル通信環境での快適な利用が可能と



図 8 携帯電話での表示例

Fig. 8 Example of route guide map in a display of cellular phone.

なる．このような案内地図生成の実現によりモバイル環境に付随する端末の表示領域の制約やネットワークの通信速度の制約に応じた情報提供が可能となり，モバイル環境での有用なアプリケーションの1つになると考えられる．

5. ナビゲーション支援実験

これまで述べたように，案内地図はいくつかの用途で利用される．ここでは，その中で適応が期待される1つであるナビゲーションの支援を取り上げ，本システムの有効性を検証する．4章で述べたシステムを用いて，携帯端末に表示された案内地図を利用して人が実際に目的地まで移動するという実験を行った．

5.1 実験概要

被験者はこれまでほとんど行ったことのない場所に行き，本システムにアクセスし携帯端末に案内地図を取得する．そして，この案内地図のみを利用して目的地まで移動するというナビゲーション課題を遂行した．

目的地は観光ガイドに記載されていた鎌倉小町周辺の10カ所とし，被験者はその10カ所の目的地を順に移動する．実験に用いた案内地図はナビゲーション支援に最も有効であるルートマップ型表現とし，たとえば，図9に示すような案内地図を利用した．

被験者は20代の男女各5名の合計10名で，10コースずつの合計100事例となる．また，この被験者のナビゲーション能力の自己評価を方向感覚質問紙¹⁷⁾を用いて調査し，著しく方向感覚が良い悪い(と予想

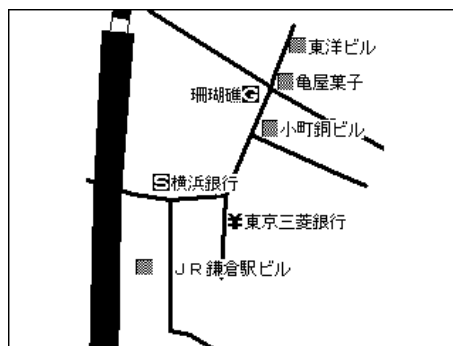


図 9 実験に利用した案内地図の例

Fig. 9 Example of route guide map in experiments.

される)ケースがないことを確認した．被験者は，まず，個人情報，ナビゲーション能力に関する自己評価，実験場所周辺へ行った経験などについての質問に回答し，その後10のナビゲーション課題を行った．課題を行っている間は携帯していたビデオで移動方向を撮影して移動経路を記録すると同時に，ナビゲーションを行っているときに話した思考内容のデータ(発話プロトコル)を記録した．なお，この発話プロトコルの分析は，ある事象に対して何に注目して何を考えたかを分析する心理学の手法であり，これをナビゲーションに適応した研究も行われている^{18),19)}．終了後，被験者に対して，ナビゲーション過程が撮影されたビデオを提示しながらそれぞれの状況を尋ねるなどのインタビューを行った．

5.2 実験結果および考察

目的地までの移動が達成できたかについて調べるため，被験者が移動時に撮影したビデオに基づいて被験者が移動したルート特定し，案内地図が示した経路との違いを抽出した．この結果を移動失敗率，移動誤り率を定義して評価する．移動失敗率は，被験者が案内地図の表した経路から逸脱してしまい復帰することができなかった数を *Out* とし，*Out*/事例数 とした．また，移動誤り率は，案内地図の表した経路から被験者が逸脱した数(ただし，その逸脱した位置まで戻る過程は対象外)を *Err* とし，*Err*/(事例数 - *Out*) とした．全事例の各コースに対する移動失敗率，移動誤り率を表4に示す．ここで，比較のため以前に経路案内文を用いた同様のナビゲーション支援実験を行った結果²⁾もあわせて示している．

今回の案内地図を用いた実験では，全事例に対して移動失敗率は0.05，移動誤り率は0.24であった．これは経路案内文を用いた結果に比べて良い値であり，移動の支援により有効であることが確認できた．たとえば，コース4の移動失敗率を見てみると，経路案内文

表 4 実験結果

Table 4 Experimental results.

コース	案内地図		経路案内文	
	移動失敗率	移動誤り率	移動失敗率	移動誤り率
1	0.00	0.60	0.00	0.20
2	0.00	0.00	0.00	0.40
3	0.30	0.20	0.20	1.63
4	0.00	0.50	0.50	1.40
5	0.00	0.00	0.00	0.20
6	0.00	0.80	0.00	0.90
7	0.10	0.20	0.00	1.50
8	0.10	0.00	0.10	0.56
9	0.00	0.10	0.10	0.78
10	0.00	0.00	0.00	0.00
平均	0.05	0.24	0.09	0.70

では半数もの失敗が起こっているが、案内地図では移動の失敗が起こっていない。このコースでは言語で表現された方向に複数の経路が存在してそのどちらかという選択を行う必要があり、それが誤りの原因となっていた。案内地図の場合、このような箇所が絵として表現された情報により回避できていた。このように、歩行者のナビゲーション支援に本手法で実現しているルートマップ型の案内地図表現は有効であると考えられる。また、移動失敗率、移動誤り率も低い値であり、認知の誤りを少なくするという目標物の選択手法も有効であると考えられる。

ここで移動誤りの要因を考えてみると、全事例を分析した結果から大きく2つの要因があげられる。まず、本手法で利用した地図情報に起因するものである。本手法で生成した案内地図は注記として地図情報の名称を利用していた。被験者の発話プロトコルや質問への回答を分析してみると、移動誤りの発生したケースで、たとえば「日光」などの名称からだけではその対象物の探索が難しいという場合があった。また、同じ名称というだけで場所の特定の誤りを起こすケースも見られた。確かに、実環境で「日光」という言語情報だけを頼りに対象物を探索するのは難しいと考えられる。こうした場合、外観や形状といった視覚的に利用しやすい情報を提示してくれるのが良いという声が多くあった。地図情報として獲得されている情報は実環境の一部の情報にすぎず、外観、看板、高さなど認知資源として有効な特徴は利用できない。また、地図情報は実環境のある時間のある一部の情報を2次元的に投影したものであり、時が経つと実環境とは異なってくる。本実験でも注記が実環境と異なった名称であったことが移動誤りの要因となっているケースがあった。移動誤りをさらに減少させるには実環境での認知資源として有効な情報を獲得し、その情報を利用して案内

地図を生成する必要がある。

また、案内地図の生成にナビゲーション中の心理的な側面を考慮していないことに起因するものがある。本手法で生成した案内地図は「ナビゲーションを行っている人がその移動プロセスをどう感じるか?」などの考慮はなされていない。被験者の発話プロトコルや質問への回答を分析してみると、実際にナビゲーションを行うときには、細い道は避けたいと思うとかこの案内地図だけでは間違ってもいいなどの不安を持つなどの例が見られたが、こうした心理がナビゲーション行為に影響を及ぼしていた可能性がある。たとえば、あるコースでは経路の一部が非常に細い道であったため、その経路は誤っていると判断された傾向があった。今後、ナビゲーション行為に影響を及ぼす心理的な側面について分析を行い、本手法に取り入れるとともに、位置情報と連動させるなどナビゲーション中の心的な不安を軽減させるような案内地図の提供方法を実現する必要がある。

6. おわりに

本論文では、携帯端末向けの案内地図を詳細な地図情報から動的に生成する手法を提案し、その有効性を検証した。この案内地図は一般に利用されている案内地図の表現の特徴を分析した結果、ルートマップ型、サーベイマップ型、デフォルメマップ型の3種類の表現で構成される。こうした案内地図は従来の道路ネットワークデータによる手法に加えて、空間オブジェクトネットワークデータを用いて道路や目標物となる空間オブジェクトを再配置する手法により生成することができる。この手法を実装したシステムを開発し、携帯端末でも良好に表示可能な3種類の案内地図表現が生成できることを確認した。また、システムの適応分野としてナビゲーションの支援を取り上げ、携帯端末に表示された案内地図を利用して人が実際に目的地まで移動するという実験を行った。その結果、良好にナビゲーション支援を行うことができ、本手法の有効性を確認できた。

こうした表示サイズとデータ量の制約に対応できる案内地図の提供は、モバイル環境での有用なアプリケーションの1つであり、今後、タウン情報といった他の情報と融合させたシステムとして開発を進めていく予定である。また、より効果的なナビゲーション支援のために、今後、位置情報と連動させた案内手法、ナビゲーション中の心的な作用を考慮した案内手法などの検討が必要である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、有益なご助言をい

いただきましたNTTサイバースペース研究所メディア通信プロジェクト長谷雅彦プロジェクトマネージャ, NTTサイバースソリューション研究所コンテンツ流通プロジェクト曽根原登プロジェクトマネージャ, NTTドコモマルチメディア研究所中野博隆研究所長, 杉村利明研究室長に感謝いたします。また, 日頃よりご指導ならびにご支援いただきました市河研一氏をはじめとするグループの皆様感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) <http://www.spacetown.ne.jp/>.
- 2) 藤井憲作, 杉山和弘: 歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法, 信学論(D-II), No.11, pp.169-178 (1999).
- 3) 谷川智秀, 久保田浩明: 道案内のための地図情報の簡略化方法, 第57回情報処理学会全国大会論文集, pp.2-109 (1998).
- 4) 神戸信裕, 阿部昭博, 島田孝徳, 中野 剛: 携帯端末向け地図提供システムの開発, 情報処理学会モバイルコンピューティング研究会, 4-2, pp.7-12 (1998).
- 5) 梶田健史, 山守一徳, 長谷川純一: デフォルメ地図自動作成システムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.9, pp.1736-1744 (1996).
- 6) 藤井憲作, 若林佳織: 空間オブジェクトの位置関係に着目した地図理解モデル, GIS—理論と応用, Vol.5, No.1, pp.29-37 (1997).
- 7) Hutchins, E.: *The technology of team navigation*, Hillsdale, Erlbaum, NJ (1990).
- 8) 森 晃徳: 認知地図, サイエンス社 (1991).
- 9) Lynch, K.: *The Image of the City*, MIT Press (1996).
- 10) 堀 淳一: 地図の必要充分条件, 言語, Vol.23, No.7 (1994).
- 11) Thorndyke, P.W. and Hayes-Roth, B.: Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation, *Cognitive Psychology*, Vol.14, No.4, pp.560-589 (1982).
- 12) Egenhofer, M.J.: Spatial Relations: Models, Inferences, and their Future Applications, *ADBS96*, pp.1-31 (1996).
- 13) Fujii, K. and Sugiyama, K.: Route Guidance for Human Navigation Assist, *International Conference on Cognitive Science*, p.834 (1999).
- 14) 松山隆司, 栗田充隆: Dempster-Shafer の確率モデルに基づくパターン分類—観測情報からの信念の形成と仮想信念空間を用いた信念の統合, 信学論(D-II), No.4, pp.843-853 (1996).
- 15) 前田茂則, 岡本真明, 河原達也, 美濃導彦, 池田克夫, 堂下修司: 顔画像特徴, 歩行画像特徴および音声特徴の統合による個人識別, 信学論(D-II), No.4, pp.600-607 (1996).
- 16) 藤井憲作, 布引純史, 安田恒雄: マルチメディア地図構造化技術, *NTT R&D*, Vol.46, No.8, pp.859-864 (1997).
- 17) 竹内謙彰: 方向感覚と方位評定, 人格特性及び知的能力との関連, 教育心理学研究, Vol.40, pp.47-53 (1992).
- 18) 新垣紀子, 野島久雄: 人はいつ道を尋ねるのか, 認知科学, Vol.5, No.3, pp.49-58 (1998).
- 19) 新垣紀子: なぜ人は道に迷うのか, 認知科学, Vol.5, No.4, pp.108-121 (1998).

(平成 11 年 12 月 20 日受付)

(平成 12 年 7 月 5 日採録)



藤井 憲作

昭和 46 年生。平成 7 年大阪大学大学院工学研究科前期課程修了。同年 NTT 入社。現在 NTT サイバースペース研究所メディア通信プロジェクトに所属。空間情報科学に関する研究に従事。電子情報通信学会会員。



杉山 和弘(正会員)

昭和 27 年生。昭和 52 年金沢大学大学院工学研究科修士課程修了。同年電電公社入社。現在 NTT ソフトウェア担当部長。地理情報処理に関する研究開発に従事。